

(12) SOLICITUD INTERNACIONAL PUBLICADA EN VIRTUD DEL TRATADO DE COOPERACIÓN
EN MATERIA DE PATENTES (PCT)

(19) Organización Mundial de la Propiedad
Intelectual
Oficina internacional



(43) Fecha de publicación internacional
11 de Abril de 2002 (11.04.2002)

PCT

(10) Número de Publicación Internacional
WO 02/28600 A2

- (51) Clasificación Internacional de Patentes⁷: **B25J** Superior de Investigaciones Científicas, Ctra. Madrid-Valencia, km. 22, 800, E-28500 Arganda de Rey (ES).
- (21) Número de la solicitud internacional: PCT/ES01/00372
- (22) Fecha de presentación internacional:
5 de Octubre de 2001 (05.10.2001)
- (25) Idioma de presentación: español
- (26) Idioma de publicación: español
- (30) Datos relativos a la prioridad:
P 20002423 6 de Octubre de 2000 (06.10.2000) ES
- (71) Solicitante (para todos los Estados designados salvo US):
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS [ES/ES]; Serrano, 117, E-28006 Madrid (ES).
- (72) Inventores; e
- (75) Inventores/Solicitantes (para US solamente): **AKIN-FIEV, Teodor** [RU/ES]; Insto. Automatica Industrial, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Ctra. Madrid-Valencia, km. 22, 800, E-28500 Arganda del Rey (ES). **ARMADA RODRÍGUEZ, Manuel** [ES/ES]; Insto. Automatica Industrial, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Ctra. Madrid-Valencia, km. 22, 800, E-28500 Arganda del Rey (ES). **CABALLERO, Rony, Javier** [PA/ES]; Insto. Automatica Industrial, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Ctra. Madrid-Valencia, km. 22, 800, E-28500 Arganda de Rey (ES).
- (81) Estados designados (nacional): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.
- (84) Estados designados (regional): patente ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), patente euroasiática (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), patente europea (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), patente OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- Publicada:
— sin informe de búsqueda internacional, será publicada nuevamente cuando se reciba dicho informe
- Para códigos de dos letras y otras abreviaturas, véase la sección "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" que aparece al principio de cada número regular de la Gaceta del PCT.

(54) Title: ACTUATOR FOR THE LEGS OF A WALKING ROBOT

(54) Título: ACTUADOR PARA LAS PIERNAS DE UN ROBOT CAMINANTE

(57) Abstract: The invention relates to an actuator for the legs of a walking robot, mostly two-legged robots, comprising a mobile element and a motor located in said mobile element, wherein a base element of the leg is connected to the mobile element by a rotational articulation that is kinematically connected to the motor. The invention is characterized in that the kinematic circuit between the motor and the base element of the leg has a connecting rod-crank mechanism, the crank is kinematically connected to the motor and the connecting rod is connected to the base element of the leg by a rotational articulation. The length of the crank is smaller than the distance between the rotational articulations in the base element of the leg.

(57) Resumen: El actuador para las piernas de un robot caminante, en su mayor parte robots bípedos, con un elemento móvil, con un motor localizado en el elemento móvil, con un elemento base de la pierna el cual es conectado con el elemento móvil por medio de una articulación de rotación conectada cinemáticamente con el motor, distinguido en que el circuito cinemático entre el motor y el elemento base de la pierna tiene un mecanismo de biela-manivela y la manivela esta conectada cinemáticamente con el motor y la biela esta conectada con el elemento base de la pierna por medio una articulación de rotación, la longitud de la manivela es menor que la distancia entre las dos articulaciones de rotación en el elemento base de la pierna.

WO 02/28600 A2

1. Título

Actuador para las piernas de un robot caminante

2. Sector de la Técnica

Esta invención esta relacionada con el campo de la robótica, y mas concretamente con el campo de robots bípedos.

3. Estado de la Técnica

En soluciones técnicas conocidas [Articulated structure for legged walking robot Patent Number EP0433096, Publication date 19-06-1991, Inventor(s) Gomi Hiroshi, Kumagai Tomharu, Hirose Masato, Nishikawa Masao, B25J5/00; B25J11/00; G05D1/10 - Method and apparatus for dynamic walking control of robot, Patent Number US4834200, Publication date 30-05-1989, Inventor(s) Kajita Syuji, B25J5/00; B62D57/02] se utiliza habitualmente lo siguiente. Actuador para las piernas de un robot caminante, en su mayor parte robots bípedos, con un elemento móvil, con un motor localizado en el elemento móvil, con un elemento base de la pierna el cual es conectado con el elemento móvil por medio de una articulación de rotación conectada cinemáticamente con el motor.

En estas soluciones el motor del actuador junto con una caja de reducción de engranajes constante debe compensar el par producido por la fuerza de gravedad. El par producido por la fuerza de gravedad se puede compensar utilizando motores pequeños con relaciones de reducción grandes, pero tiene el inconveniente que restringe mucho la velocidad de la pierna. Otra posibilidad, es compensar el par producido por la fuerza de gravedad utilizando motores grandes con relaciones de reducción pequeña, pero tiene el inconveniente que aumenta el peso del robot y el consumo energético del mismo.

4. Descripción de la Invención

4.1 Breve descripción de la invención.

El actuador para las piernas de un robot caminante, en su mayor parte robots bípedos, con un elemento móvil, con un motor localizado en el elemento móvil, con un elemento base de la pierna el cual es conectado con el elemento móvil por medio de una articulación de rotación conectada cinemáticamente con el motor, el circuito cinemático entre el motor y el elemento base de la pierna tiene un mecanismo de biela-manivela y la manivela esta conectada cinemáticamente con el motor y la biela esta conectada con el elemento base de la pierna por medio de una articulación de rotación, la longitud de la manivela es menor que la distancia entre las dos articulaciones de rotación en el elemento base de la pierna.

La manivela tiene al menos un elemento tope y este elemento tope esta localizado en el elemento móvil. Todas las articulaciones rotacionales son de tipo bisagra y los ejes de rotación en cualquier articulación tipo bisagra son paralelos al eje de rotación de la manivela. El circuito cinemático entre el motor y la manivela tiene un dispositivo de reducción de velocidad. El elemento móvil es la pantorrilla de la pierna y el elemento base de la pierna es el pie. El elemento móvil es el muslo de la pierna y el elemento base de la pierna es la pantorrilla. El elemento móvil es la pelvis y el elemento base de la pierna es el muslo de la pierna.

4.2 Descripción detallada de la invención.

El objetivo de esta invención es disminuir el peso de un robot caminante, el consumo energético y mantener altas velocidades de las piernas en la zona cerca de la vertical.

Se tiene un robot bípedo sobre una superficie plana (11) con al menos una articulación antropomórfica en las piernas. El robot tiene una pelvis (12) y cada pierna consta de una articulación en la cadera (13), muslo (14), rodilla (15), pantorrilla (1), tobillo (3) y pie (2). Esta articulación antropomórfica (por ejemplo

el tobillo (3)) es accionada por un actuador. El elemento móvil de la pierna (por ejemplo la pantorrilla (1)), esta conectada al elemento base de la pierna (por ejemplo el pie (2)), por una articulación de rotación (por ejemplo el tobillo con dos grados de libertad (3)). El cuerpo del motor (4) se encuentra conectado al elemento móvil de la pierna (en este caso la pantorrilla (1)) por medio de un soporte (5). El eje de salida del motor esta acoplado cinemáticamente (por ejemplo directo) a la manivela (6), la cual esta conectada por medio de una articulación rotacional de un grado de libertad (7) al elemento móvil de la pierna (en este caso la pantorrilla (1)). La manivela (6) esta conectada por medio de una articulación rotacional de un grado de libertad (8) a la biela (9). La biela (9) esta conectada por medio de una articulación de rotación (por ejemplo dos grados de libertad) (10) al elemento base de la pierna (en este caso el pie (2)). La longitud de la manivela (6) es de menor tamaño que la distancia entre la articulación de rotación (en este caso el tobillo (3)) que conecta el elemento móvil de la pierna (en este caso la pantorrilla (1)) al elemento base de la pierna (en este caso el pie (2)) y la articulación de rotación (10) que conecta la biela (9) al elemento base de la pierna (en este caso el pie (2)). La manivela (6) es de menor tamaño que la biela (9). Las cuatro articulaciones rotacionales de este mecanismo permiten rotaciones en el mismo plano del dibujo de la Figura 1.

Proceso de Funcionamiento

Para mover la pierna hacia adelante (Figura 2) se tiene la pierna del robot bípedo sobre una superficie plana (11). El elemento base de la pierna (en este caso el pie (2)) está sobre esta superficie y el elemento móvil de la pierna (en este caso la pantorrilla (1)) está inicialmente en alguna posición entre el límite de retroceso y el límite de avance del mecanismo. Luego, el eje de salida del motor gira en contra de las manecillas del reloj y produce una rotación sobre la manivela (6) en el mismo sentido. La manivela (6), a su vez empuja a la biela (9). La biela (9) produce un movimiento de rotación sobre la articulación de rotación (en este caso el tobillo (3)) que conecta el elemento base de la pierna (en este caso el pie (2)) con el elemento móvil de la pierna (en este caso la

pantorrilla (1)). Esto produce un movimiento de rotación del elemento móvil de la pierna (en este caso la pantorrilla (1)) en el sentido de las manecillas del reloj. El movimiento de rotación del elemento móvil de la pierna puede continuar hasta una posición deseada de avance, que es menor o igual al límite de avance del mecanismo.

Para mover la pierna hacia atrás se tiene la pierna del robot bípedo sobre una superficie plana (11). El elemento base de la pierna (en este caso el pie (2)) está sobre esta superficie y el elemento móvil de la pierna (en este caso la pantorrilla (1)) está inicialmente en alguna posición entre el límite de retroceso y el límite de avance del mecanismo. Luego el motor gira en sentido contrario a las manecillas del reloj y produce un movimiento en la manivela (6) en el mismo sentido. La manivela (6), a su vez tira de la biela (9) y ésta a su vez produce un movimiento de rotación sobre la articulación de rotación (en este caso el tobillo (3)) que conecta el elemento base de la pierna (en este caso el pie (2)) con el elemento móvil de la pierna (en este caso la pantorrilla (1)). Esto produce un movimiento de rotación del elemento móvil de la pierna (en este caso la pantorrilla (1)) en el sentido contrario a las manecillas del reloj. El movimiento de rotación del elemento móvil de la pierna puede continuar hasta una posición deseada de retroceso, que es menor o igual al límite de retroceso del mecanismo.

El sistema tiene en el circuito cinemático un mecanismo de biela-manivela. La propiedades de este mecanismo se muestran en la Figura 4. Este mecanismo está actuando como una caja de reducción con una relación de reducción continua variable. Es muy importante que si el ángulo que se forma entre el elemento móvil de la pierna y la vertical (16) cambia, la relación de reducción también cambia. Debido a que el motor debe compensar el par producido por la fuerza de gravedad y el par producido por la fuerza de gravedad se incrementa cuando se incrementa el ángulo que se forma entre el elemento móvil de la pierna y la vertical (16), es muy útil cambiar la relación transmisión entre el motor y el elemento base, y esto se hace automáticamente con la ayuda del

mecanismo biela-manivela. Por lo tanto el par en el motor en este caso no se incrementa mucho inclusive si el par producido por la fuerza de gravedad es grande. Prácticamente esto significa que el sistema automáticamente ajusta la relación de reducción. En este caso se tiene la posibilidad de mover la pierna lo suficientemente rápido en la zona cerca de la vertical (la relación de transmisión es pequeña) y compensar los valores grandes del par producido por la gravedad en la zonas alejadas de la vertical (la relación de transmisión es grande) con la ayuda de un motor de poca potencia. En este caso es posible reducir el peso del motor (y el peso del robot completo y el consumo energético). Es imposible tener el mismo efecto con una caja de reducción constante, en ese caso es posible tener o una relación de reducción grande y velocidades pequeñas en cada punto de la trayectoria o una relación de reducción pequeña con un motor de alta potencia.

5. Descripción detallada de los dibujos (en su caso)

1. Pantorrilla
2. Pie
3. Tobillo
4. Cuerpo del motor
5. Soporte del motor
6. Manivela
7. Articulación rotacional
8. Articulación rotacional
9. Biela
10. Articulación rotacional
11. Superficie plana
12. Pelvis
13. Cadera
14. Muslo
15. Rodilla
16. Angulo respecto a la vertical

6. Ejemplo de realización de la invención.

Las articulaciones de rotación que conectan el eje de salida del motor con el elemento móvil de la pierna (7); y la que conecta la manivela con la biela (9) deben ser de un grado de libertad y sus ejes paralelos, mientras que las articulaciones de rotación que unen la biela con el elemento base de la pierna (10) y la que une el elemento base de la pierna con el elemento móvil de la pierna (3) pueden ser de uno o dos grados de libertad.

La manivela del sistema puede tener al menos un elemento tope de modo que la pierna pueda soportar cargas de tensión y compresión sin utilizar el motor en el límite de avance o retroceso del mecanismo.

El acoplamiento entre el motor y la biela puede ser directo, pero también puede usar una caja de reducción para adecuar los pares y velocidades del motor.

El actuador puede utilizarse en la rodilla (15), porque el módulo del par producido por la fuerza de gravedad en ese punto (15) también aumenta con el aumento del ángulo entre el muslo y la vertical.

El actuador puede utilizarse en la cadera (13), porque el módulo del par producido por la fuerza de gravedad en ese punto (13) también aumenta con el aumento del ángulo entre la pelvis y la vertical.

7. Reivindicaciones.

1. Actuador para las piernas de un robot caminante, en su mayor parte robots bípedos, caracterizado porque consta de un elemento móvil, con un motor localizado en el elemento móvil, con un elemento base de la pierna el cual es conectado con el elemento móvil por medio de una articulación de rotación conectada cinemáticamente con el motor, distinguido en que el circuito cinemático entre el motor y el elemento base de la pierna tiene un mecanismo de biela-manivela y la manivela está conectada cinemáticamente con el motor y la biela está conectada con el elemento base de la pierna por medio una articulación de rotación, la longitud de la manivela es menor que la distancia entre las dos articulaciones de rotación en el elemento base de la pierna.
2. Actuador según reivindicación 1 caracterizado porque la manivela tiene al menos un elemento tope y este elemento tope está localizado en el elemento móvil.
3. Actuador según reivindicaciones 1,2 caracterizado porque todas las articulaciones rotacionales son de tipo bisagra y los ejes de rotación en cualquier articulación tipo bisagra son paralelos al eje de rotación de la manivela.
4. Actuador según reivindicaciones 1,2,3 caracterizado porque el circuito cinemático entre el motor y la manivela tiene un dispositivo de reducción de velocidad.
5. Actuador según reivindicaciones 1,2,3,4 caracterizado porque el elemento móvil es la pantorrilla de la pierna y el elemento base de la pierna es el pie.
6. Actuador según reivindicaciones 1,2,3,4 caracterizado porque el elemento móvil es el muslo de la pierna y el elemento base de la pierna es la pantorrilla.
7. Actuador según reivindicaciones 1,2,3,4 caracterizado porque el elemento móvil es la pelvis y el elemento base de la pierna es el muslo de la pierna.

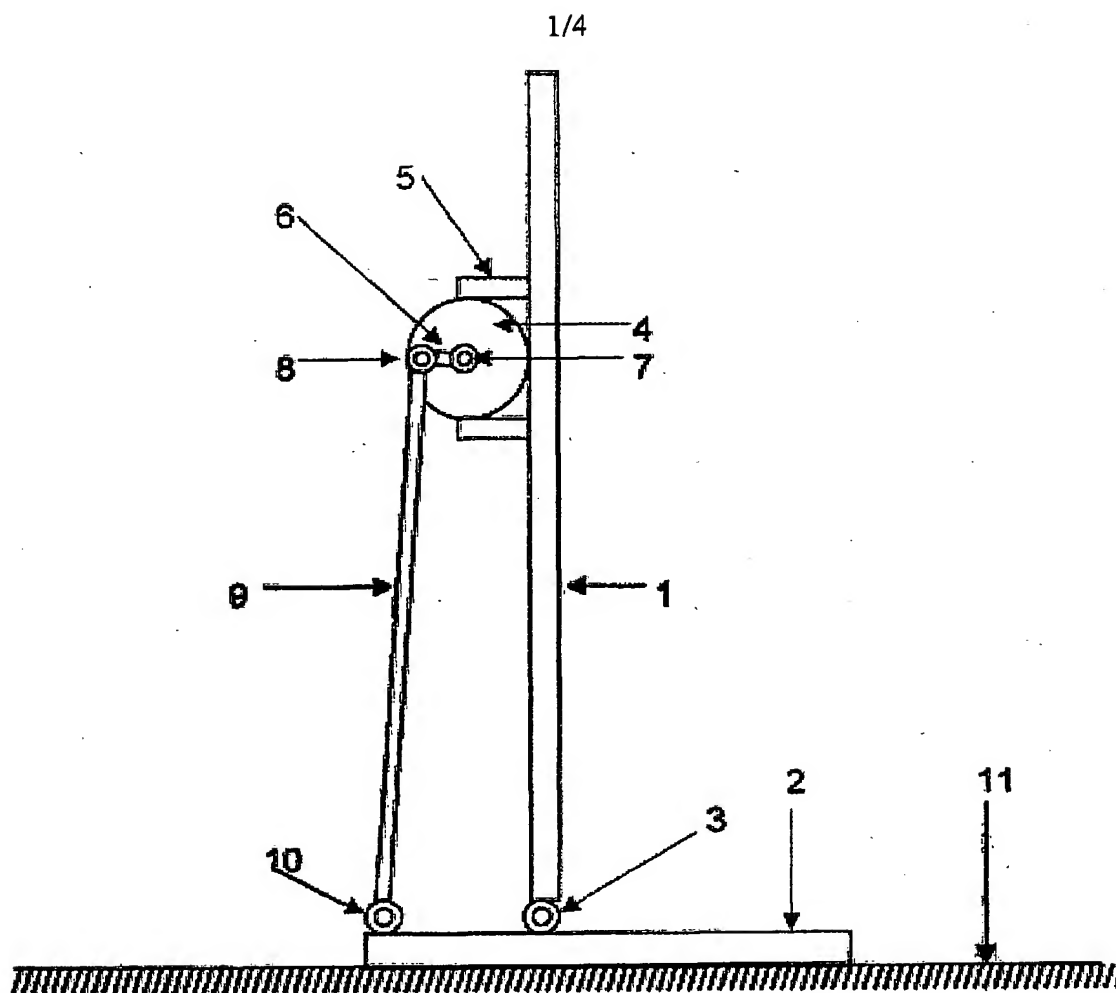


Figura 1

2/4

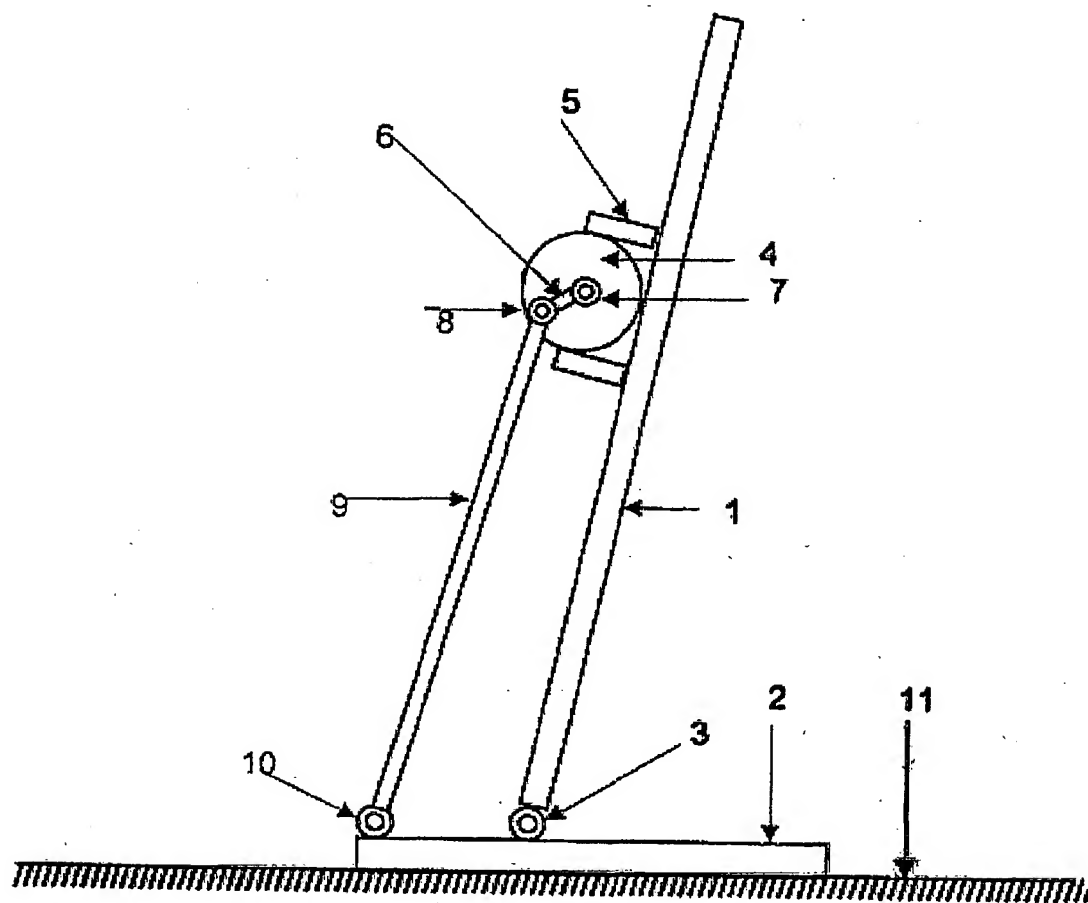


Figura 2

3/4

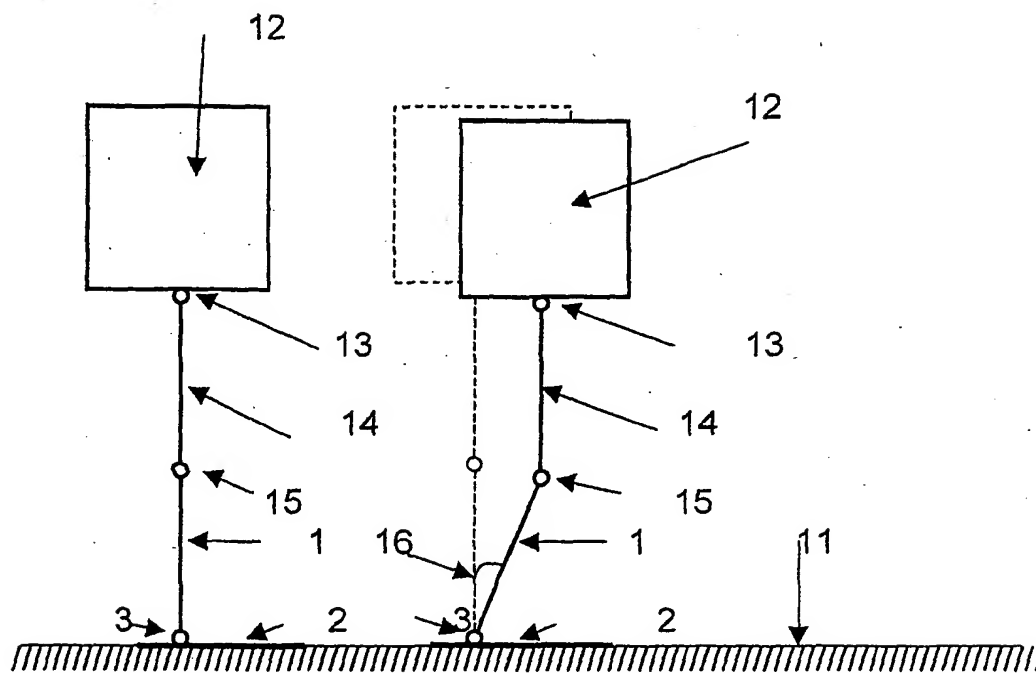


Figura 3

4/4

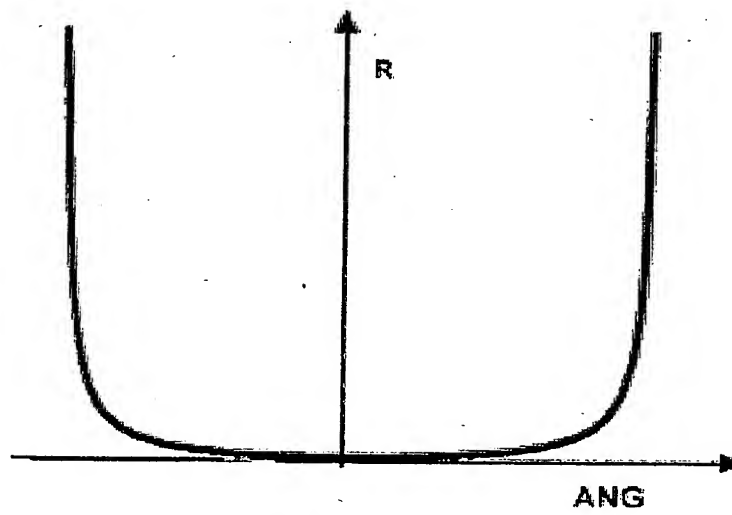


Figura 4